



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

TESIS:

**Caracterización de un sistema de  
reconocimiento y manipulación de objetos  
para un robot de servicio**

---

Edgar de Jesús Vázquez Silva

Noviembre 2016

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	3
1.2. Hipótesis . . . . .	5
1.3. Objetivos . . . . .	5
<b>2. Marco teórico</b>	<b>7</b>
2.1. Robots de servicio . . . . .	7
2.2. Técnicas de roconocimiento de objetos . . . . .	8
2.3. Cinemática utilizadas en brazos robóticos . . . . .	8
2.4. Planeación de tareas . . . . .	8
<b>3. Reconocimiento de objetos</b>	<b>9</b>
3.1. Kinect . . . . .	9
3.2. OpenCV . . . . .	9
3.3. Análisis de componentes principales . . . . .	9
<b>4. Brazos</b>	<b>10</b>
4.1. Documentación servos dynamixel . . . . .	10
4.2. Cinemática inversa . . . . .	10
4.3. Propuesta de algoritmo para mejorar la cinemática inversa (Modelo probabilístico) . . . . .	10
<b>5. Integración</b>	<b>11</b>
5.1. Máquinas de estados . . . . .	11
5.2. ROS . . . . .	11
5.3. Constitución del robot de servicio Justina . . . . .	11
<b>6. Resultados</b>	<b>12</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>13</b>

## Abstract

En particular, el reconocimiento de objetos y la adecuada manipulación de los mismos es una problemática común en el área de la robótica de servicios. Por ello el presente documento aborda la caracterización de un sistema de manipulación de objetos formado por un brazo robótico de 7DOF, el desarrollo de un algoritmo de visión computacional para reconocer la posición y orientación de los objetos, el desarrollo de la cinemática inversa del brazo robótico y finalmente una metodología de planeación de acciones entre la detección de un objeto y su correcta manipulación.

# Capítulo 1

## Introducción

En los últimos años el área de la robótica y sus múltiples aplicaciones se han expandido a pasos agigantados, tal es el caso de la robótica de servicios. 30 años atrás la idea de tener un robot capaz de ayudar a las tareas del hogar sólo era concebida gracias a la ciencia ficción; hoy en día es una total realidad. Un robot es un sistema mecánico controlado automáticamente, reprogramable, multipropósito con diversos grados de libertad, el cual puede ser fijo o móvil [1]. Actualmente existe un auge en utilizar a los robots como auxiliares en las actividades domésticas, un área también llamada: robots de asistencia o robots de servicio”. Sin embargo el área de la robótica de servicios y robots de asistencia comprende un gran rango de problemáticas.

### 1.1. Planteamiento del problema

Los robots enfrentan problemáticas a la que cualquier humano está sometido día a día: ambientes dinámicos, características de entornos no estandarizados, incertidumbre ante escenarios desconocidos. Dada la naturaleza de esta disciplina científica han surgido diversas líneas de investigación que abarcan estas problemáticas. Por ejemplo el robot debe ser capaz: de reconocer y manipular objetos en diferentes ubicaciones y desde diferentes alturas, de tener locomoción en diferentes tipos de superficies, de interactuar con un humano, de distinguir diferentes personas. Por último, pero no menos importante, el funcionamiento seguro de estos sistemas en ambientes dinámicos es un requisito fundamental para su futura aceptación y aplicabilidad.

La creación de estos sistemas autónomos requiere la integración de un gran conjunto de capacidades y tecnologías. Los ejemplos incluyen la in-

teracción humano-robot (habla, identificación de personas, seguimiento de personas, entre otros), navegación, planificación de acciones, control de comportamientos, reconocimiento de objetos, manipulación de objetos o seguimiento de objetos. Con respecto a la inteligencia, los sistemas deben contener métodos de planificación de acciones y comportamientos adaptativos. Los procedimientos apropiados deberían, por ejemplo, permitir al operador del robot enseñar nuevos comportamientos y entornos vía comandos de voz o gestos. Los futuros hogares probablemente contendrán dispositivos electrónicos más inteligentes capaces de comunicarse entre sí, inteligencia ambiental, incluyendo el uso de internet como base común de conocimientos, de modo que los robots desempeñarán un papel más importante.

Entre todas estas líneas de investigación es imprescindible contar con un robot que sea capaz de interactuar con los objetos en el mundo real, por ello es necesario contar un sistema que pueda reconocer los objetos y su posición adecuadamente. Sin embargo esta línea de investigación atiende a problemáticas muy concretas, en el mundo real los robots se enfrentan con condiciones dinámicas en el ambiente, por ejemplo al pedir a un robot que tome un objeto y pueda llevarlo hasta nosotros el primer problema al que nos enfrentamos es conocer la posición del objeto (la cual será diferente en cada ocasión), posteriormente si deseamos localizar dos objetos del mismo tipo estos no serán reconocidos de igual manera por el robot debido a las condiciones de luz, a los cambios de forma, y a los cambios de apariencia.

Dadas las características antes descritas, es preciso estimar la probabilidad de que un robot pueda manipular correctamente los objetos. Para ello es necesario dividir la tarea en operaciones: la primera de ellas consiste en estimar la posición del objeto, tener un indicador que nos ayude a determinar cuál es la mejor forma de tomar un objeto y conocer la probabilidad de que el robot haya reconocido un objeto exitosamente. Otra de las operaciones necesarias es llevar el actuador final del brazo robótico a una posición (x, y, z) deseada. Por último es necesario contar con un planeador de acciones para coordinar cada uno de los eventos dentro de la tarea.

Podemos observar que las problemáticas son variadas, sin embargo podemos reducir el problema principal en tres tareas secundarias: Identificar un objeto, Obtener una aproximación de cuál será la mejor manera de tomarlo y caracterizar el sistema en conjunto para obtener un parámetro de confiabilidad.

En el capítulo 3 de este documento se aborda la manera en que se desarro-

llaron los algoritmos de visión computacional para realizar la extracción de un plano, identificar la posición de un objeto, implementar un algoritmo de Análisis de componentes principales para obtener cual será la mejor orientación para tomar un objeto a partir de su forma. En el capítulo 4 se describe el sistema de manipulación utilizado. Se comienza por conocer las características de los actuadores utilizados, se obtienen las ecuaciones correspondientes a la cinemática de los brazos para llevarlo hasta una posición  $(x, y, z)$  deseda. En el capítulo 5 se realiza la integración de las tareas antes mencionadas, la plataforma sobre la cual se desarrolló el sistema y se describe el desarrollo del modelo probabilístico utilizado para mejorar la manipulación de objetos en un robot de servicios.

## **1.2. Hipótesis**

- Un sistema de visión computacional con implementación de un algoritmo de análisis de componentes principales podrá indicarnos cuál es la mejor orientación para tomar un objeto.
- Un modelo bayesiano ayudará a caracterizar un sistema de manipulación formado por un sensor Kinect y un brazo robótico.

## **1.3. Objetivos**

### **Objetivo general**

Implementar un conjunto de algoritmos que mejore un sistema de manipulación de objetos formado por un kinect y un brazo robótico de 7DOF en un robot de servicios.

### **Objetivos específicos**

- Implementar un algoritmo de visión computacional para identificar un plano.
- Implementar un algoritmo de visión computacional para determinar la posición de un objeto.
- Implementar un algoritmo de analisis de componentes principales para identificar la orientación de los objetos.

- Calcular la cinemática inversa de un brazo robótico de 7DOF para llevarlo a una posición deseada  $(x, y, z)$ .
- Caracterizar el sistema de manipulación de objetos usando un modelo bayesiano.

# Capítulo 2

## Marco teórico

### 2.1. Robots de servicio

Dado que este trabajo se centrará en los robots de servicio, en particular en una metodología de reconocimiento y manipulación de objetos, resulta fundamental poner en evidencia el panorama actual de los robots de servicio. La idea general de la robótica de servicio doméstico ha existido desde hace mucho tiempo, pero es un tema de investigación relativamente joven. El objetivo de crear robots de servicios útiles y autónomos que puedan interactuar con seres humanos y objetos en el mundo real en un entorno natural plantea un gran número de problemas sin resolver en muchas disciplinas científicas.

Recientemente, el progreso en estos campos de investigación, así como el progreso y la normalización en el desarrollo de hardware y software, ha llevado a un aumento en la disponibilidad de recursos, métodos y componentes para el desarrollo de Robots de servicio doméstico . Por ello estamos cada vez más cerca de convivir con robots de servicios de manera exitosa en diversos lugares, por ejemplo hospitales [2], oficinas, construcciones, o tiendas departamentales [3].

Estos desarrollos han sido posibles gracias a herramientas de código abierto como lo es Ubuntu, ya que ha servido como base para el desarrollo de software especializado para robots, por ejemplo ROS [4]. Este conjunto de librerías especializadas para robots pueden llegar a ser muy paticulares y estar enfocados a una sola área de investigación de las antes mencionadas, por ejemplo: Carmen [5], un conjunto de librerías y algoritmos de control para navegación de robots, desarrollados por la universidad Carnegie Mellon[6].



En la parte de simulación se cuenta con ejemplos como el USARSim [7], rviz [8] o Gazebo [9]. Por lo que respecta a los algoritmos de visión computacional existen bibliotecas de código abierto por ejemplo OpenCV [10] el cual tiene un gran campo de aplicaciones[11]. Por lo que corresponde a los kits standar de hardware, podemos mencionar la construcción de robots de plataforma standar por ejemplo VolksBot [12] y las plataformas bases por ejemplo ActivRobots [13], Pepper [14], Asimo [15] ha hecho posible desarrollar software de manera más rápida y eficiente.

## **2.2. Técnicas de roconocimiento de objetos**

## **2.3. Cinemática utilizadas en brazos robóticos**

## **2.4. Planeación de tareas**

## Capítulo 3

# Reconocimiento de objetos

3.1. Kinect

3.2. OpenCV

3.3. Análisis de componentes principales

# Capítulo 4

## Brazos

- 4.1. Documentación servos dynamixel
- 4.2. Cinemática inversa
- 4.3. Propuesta de algoritmo para mejorar la cinemática inversa (Modelo probabilístico)

# Capítulo 5

## Integración

5.1. Máquinas de estados

5.2. ROS

5.3. Constitución del robot de servicio Justina

# Capítulo 6

## Resultados

## Capítulo 7

### Conclusiones

# Bibliografía

- [1] W. Khalil and E. Dombre, *Modeling, identification and control of robots*. Butterworth-Heinemann, 2004.
- [2] J. M. Evans Jr, C. F. Weiman, and S. J. King, “Visual navigation and obstacle avoidance structured light system,” 4 1990. US Patent 4,954,962.
- [3] H. Endres, W. Feiten, and G. Lawitzky, “Field test of a navigation system: Autonomous cleaning in supermarkets,” in *Robotics and Automation, 1998. Proceedings. 1998 IEEE International Conference on*, vol. 2, pp. 1779–1781, IEEE, 1998.
- [4] “Pagina principal de Ros.” <http://www.ros.org/>. Consultado: 10-2016.
- [5] “Robot Carnegie Mellon herramientas de navegación.” <http://carmen.sourceforge.net/>. Consultado: 10-2016.
- [6] “Página principal universidad Carnegie Mellon.” <http://www.cmu.edu/>. Consultado: 1-2017.
- [7] S. Balakirsky, C. Scrapper, S. Carpin, and M. Lewis, “Usarsim: providing a framework for multirobot performance evaluation,” in *Proceedings of PerMIS*, vol. 2006, 2006.
- [8] “Simulador gráfico rViz.” <http://wiki.ros.org/rviz>. Consultado: 11-2016.
- [9] “Simulador gráfico Gazebo.” <http://gazebo.org/>. Consultado: 11-2016.
- [10] “Biblioteca abierta visión computacional.” <http://sourceforge.net/projects/opencv/>. Consultado: 10-2016.

- [11] G. R. Bradski and V. Pisarevsky, “Intel’s computer vision library: applications in calibration, stereo segmentation, tracking, gesture, face and object recognition,” in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2000. Proceedings. IEEE Conference on*, vol. 2, pp. 796–797, IEEE, 2000.
- [12] T. Wisspeintner and W. Nowak, *VolksBot-A Construction Kit for Multipurpose Robot Prototyping*. INTECH Open Access Publisher, 2007.
- [13] “ActivRobots.” <http://www.activrobots.com>. Consultado: 10-2016.
- [14] “Robot de plataforma Standar Pepper.” <https://www.ald.softbankrobotics.com/en/cool-robots/pepper>. Consultado: 11-2016.
- [15] “Robot de plataforma Standar Asimov.” <http://asimo.honda.com/>. Consultado: 11-2016.